

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi menjadi kebutuhan yang mutlak dan harus terpenuhi. Hampir semua sarana dan prasarana penunjang kehidupan manusia digerakan oleh energi. Pertumbuhan jumlah penduduk meningkat dengan pesat dan pertumbuhan ekonomi cenderung meningkat diberbagai belahan dunia, membawa konsekuensi kebutuhan energi yang tinggi (Patil *et al.*, 2008). Energi sebagai penggerak roda perekonomian manusia saat ini masih dipasok dari bahan bakar fosil. Namun disisi lain penggunaan energi dari bahan bakar fosil dapat meningkatkan efek rumah kaca sebagai akibatnya terjadi pemanasan global dan perubahan iklim yang mengancam stabilitas lingkungan, keamanan pangan, masalah kesejahteraan serta ketersediaan bahan bakar fosil yang jumlahnya terbatas (Doney *et al.*, 2009). Di masa yang akan datang, diharapkan sumber energi pengganti bahan bakar fosil adalah bahan bakar yang ramah lingkungan (*green energy*) dan efisien. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan bahan bakar hayati atau *biofuel* (Patil *et al.*, 2008; Chisti, 2007).

Biofuel adalah bahan bakar padat, cair, ataupun gas yang merupakan turunan dari biomassa organisme, contohnya yaitu biodisel (Patil *et al.*, 2008). Biodisel merupakan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) yang berasal dari proses transesterifikasi minyak dan lipida nabati yang dapat dipakai secara langsung atau dicampur dengan bahan bakar disel lain untuk digunakan di dalam mesin disel (Irwani *et al.*, 2013). Salah satu mikroorganisme potensial yang mampu dijadikan sebagai *biofuel* yaitu mikroalga, karena dalam biomassa mikroalga terkandung lipida yang dapat diekstrak sehingga menghasilkan biodiesel (Kabinawa, 2006 dalam Irwani *et al.*, 2013).

Mikroalga merupakan mikroorganisme uniseluler atau multiseluler sederhana yang mampu mengikat CO₂ dan menyerap energi matahari dengan sangat efisien untuk melakukan proses fotosintesis sehingga dapat mengubah

senyawa anorganik menjadi senyawa organik (Chisti, 2007). Senyawa organik dalam mikroalga diantaranya yaitu karbohidrat, protein, asam nukleat dan lipida (Badriyah *et al.*, 2012). Lipida pada mikroalga terdapat di dalam sel yang berfungsi sebagai cadangan makanan. Selain itu lipida yang dihasilkan oleh mikroalga dapat digunakan sebagai sumber penghasil bahan bakar hayati atau *biofuel* untuk mengatasi ketersediaan bahan bakar fosil yang jumlahnya terbatas. Pada umumnya lipida mikroalga dapat disimpan terutama dalam bentuk *Triacylglycerol* (TAG) (Sharma *et al.*, 2001).

Banyak kelebihan yang dimiliki mikroalga sebagai bahan bakar hayati yaitu mengandung lipida hingga 70% bila dibandingkan dengan tanaman dan material berkayu lain, mikroalga mempunyai kelebihan efisiensi fotosintesis yang tinggi, dapat menghasilkan biomassa yang lebih banyak, pertumbuhan lebih cepat, tidak berkompetisi dengan produksi pangan, dapat menggunakan air hasil daur ulang sehingga menghemat sumber daya air (*water recycling*), dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (*CO₂ recycling*), dapat mempergunakan limbah tertentu sebagai sumber nutrisi (N, P, Si), mempunyai komponen sampingan lain selain lipida (misalnya protein dan pigmen yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi), dapat mengubah CO₂ menjadi biomassa melalui proses fotosintesis, dapat bertahan di dalam salinitas tinggi sesuai dengan iklim Indonesia (Khozin *et al.*, 2006).

Saat ini pemanfaatan biomassa mikroalga masih terbatas pada beberapa spesies antara lain *Spirulina platensis* dari kelas *Cyanophyceae* dan *Chlorella* sp. dari kelas *Chlorophyceae*. Kedua spesies tersebut dimanfaatkan sebagai suplemen makanan dan bahan obat-obatan (Hidayat dan Syamsul, 2008). Namun jenis mikroalga lainnya tidak kalah seperti *Nanochloropsis oculata* dapat digunakan sebagai bahan potensial untuk produksi biodisel. Menurut Hu dan Gao (2006); Schenk *et al.* (2008) *N. oculata* memiliki kandungan total lipida yang cukup tinggi (31–68% berat kering) sehingga lipida tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk produksi biodisel.

Kandungan lipida mikroalga rata-rata bervariasi antara 1 sampai 70% tetapi beberapa spesies dapat mencapai kadar lipida 90% berat kering. Kadar

lipida mikroalga dapat mencapai 75% berat kering biomassa misalnya untuk jenis *Botryococcus braunii*. Pada umumnya mikroalga *Chlorella*, *Cryptocodinium*, *Cylindrotheca*, *Dunaliella*, *Isochrysis*, *Nannochloropsis*, *Neochloris*, *Nitzschia*, *Phaeodactylum*, *Porphyridium*, *Schizochytrium*, *Tetraselmis* memiliki kandungan minyak antara 20-50% dan produktivitasnya masih dapat ditingkatkan (Mata *et al.*, 2010).

Menurut Wang *et al.* (2008) bahwa kadar lipida yang tinggi dari mikroalga sangat diperlukan jika tujuan penggunaan mikroalga tersebut adalah sebagai bahan baku biodisel. Namun kadar lipida yang tinggi dari mikroalga biasanya diperoleh dalam kondisi *stress* seperti kekurangan nutrisi, *stress* suhu, salinitas, pH, *stress* adanya logam berat dan *stress* radiasi cahaya (Ratledge, 2002). Hal ini didukung oleh pernyataan Sharma *et al.* (2012) bahwa pada kondisi pertumbuhan yang optimal mikroalga mampu memproduksi biomassa tetapi dengan kandungan lipida relatif rendah, sekitar 5-20% dari berat kering sel. Namun pada mikroalga yang mampu menghasilkan lipida yang tinggi mengalami pertumbuhan yang rendah. Menurut Hu *et al.* (2008); Sharma *et al.* (2012) pada dasarnya biomassa mikroalga dan TAG bersaing dalam proses fotosintesis dan mengatur jalur biosintesis yang diperlukan untuk merangsang biosintesis lipida. Dalam kondisi tidak menguntungkan atau kondisi *stress*, mikroalga akan mengubah jalur biosintesis lipida untuk mengakumulasi lipida netral terutama dalam bentuk TAG agar dapat bertahan hidup dalam kondisi yang merugikan.

Secara umum yang termasuk nutrisi makro untuk media kultur mikroalga yaitu C, N, P, S, Mg dan mungkin Ca. Semua itu diperlukan dalam jumlah mg/L atau bisa juga dalam tingkat lebih tinggi. Fosfor sangat digunakan dalam produksi DNA dan RNA, sintesis ATP, fungsi dinding sel dan produksi protein. Hal ini menjadi kunci kimia dalam proses panen autoflokulasi dengan membentuk kalsium atau magnesium dan fosfor kompleks dengan batuan air sebagai sumbernya secara cepat dari suspensi flokulat mikroalga. Kalium digunakan oleh enzim untuk sintesis protein. Sedangkan unsur nutrisi mikro pada media kultur mikroalga meliputi Ni, Zn, B, Co, Cu dan Mo. Semua itu diperlukan dalam jumlah mikro, nano, ataupun picogram perliternya, seperti untuk tembaga yang

beracun pada jumlah yang lebih tinggi (Davis, 2011). Nitrogen dibutuhkan oleh mikroalga untuk pertumbuhan, terutama nitrogen dalam bentuk nitrat, amonia atau urea. Kekurangan unsur nitrogen mengarah ke produksi karbohidrat dan produksi lipida (Backer, 2008). Menurut Appelberg (2013) selain nutrisi ada faktor lain yang dapat mempengaruhi pertumbuhan kultur mikroalga diantaranya yaitu intensitas cahaya, karbondioksida, pH, suhu dan salinitas. Semua faktor tersebut harus terpenuhi sebagai syarat tumbuh kultur mikroalga.

Azolla merupakan tanaman paku air yang tumbuh mengapung diperairan (Hidayat *et al.*, 2011). Menurut Dewi (2007) dalam *Azolla* terkandung mineral seperti N (Nitrogen) 1.96-5.30%, P (Fosfor) 0.16-1.59%, K (Kalium) 0.31-5.97%, Ca (Kalsium) 0.45-1.70%, Mg (Magnesium) 0.22-0.66%, S (Belerang) 0.22-0.73%, Si (Silikon) 0.16-3.35%, Na (Natrium) 0.16-1.31%, Cl (Klor) 0.62-0.90%, Al (Alumunium) 0.04-0.59%, Fe (Besi) 0.04-0.59%, Mn (Mangan) 66-2944 ppm, Co (Kobal) 0.264 ppm, Cu (Tembaga) 16.74 ppm, Zn (Zinc) 26-989 ppm. Didukung dengan penelitian Alalade dan Iyayi (2006) komposisi kimia dalam *Azolla* diantaranya yaitu protein 21.4%, serat 12.7%, ekstrak eter 2.7%, Hemiselulosa 10.20%, selulosa 12.76%, Lignin 28.24%, serta terdapat kandungan asam amino seperti *Lysine* 0.98%, *Methionine* 0.34%, *Cystine* 0.18%, *Threonine* 0.87%, *Tryptophan* 0.39%, *Arginine* 1.15%, *Isoleucine* 0.93%, *Leucine* 1.65%, *Phenylalanine* 1.01%, *Tyrosine* 0.68%, *Glycine* 1.00%, *Serine* 0.90%, *Valine* 1.18%.

Menurut Indarmawan *et al.* (2012); Dewi (2007) dalam *Azolla* terkandung berbagai mineral dalam *Azolla* seperti N, P, S, Mg, Ca, Zn, Co dan Cu dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi bagi pertumbuhan mikroalga. Tetapi dalam *Azolla* terkandung asam sianida yang beracun (Fasakin, 1999; Askar, 2001). Menurut Juhaeti *et al.* (2005) *Azolla* merupakan tumbuhan potensial sebagai fitoremediator untuk mendegradasi logam berat yang ada di perairan, kemampuan mendegradasi logam berat terbukti dengan adanya kandungan logam berat Pb (timbal) (terakumulasi dalam *Azolla*) sebanyak 50 ppm.

Menurut Wetipo *et al.* (2013) mikroalga *Nannochloropsis* sp. mampu menyerap logam berat seperti Pb, Cd, Hg, Cr dan As. Hasil penelitian dari Gok dan Kucukcongar (2013); Naveen *et al.* (2011); Gurbuz *et al.* (2009) asam sianida juga mampu diserap oleh mikroalga. Logam berat yang terdapat dalam *Azolla* akan di serap oleh mikroalga sehingga menjadi racun yang dapat menghambat pertumbuhan mikroalga. Menurut Sheehan *et al.* (1998) dalam Wijoseno (2011) secara bersamaan pada kondisi lingkungan tidak menguntungkan (kondisi *stress*) mikroalga akan cenderung membentuk lipida sebagai cadangan makanan daripada membentuk karbohidrat dan senyawa yang lainnya. Ini terjadi karena mikroalga lebih banyak menggunakan atom karbon untuk membentuk lipida daripada karbohidrat, sebagai akibat meningkatnya aktifitas enzim asetil ko-A karboksilase.

Selain akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan konsentrasi lipida mikroalga, menurut Mamduh *et al.*, (2013) kandungan logam berat dalam *Azolla* juga akan berdampak terhadap biomassa dan konsentrasi klorofil mikroalga. Adanya logam berat mengakibatkan kondisi *stress* mikroalga sehingga kadar lipida meningkat dan diiringi dengan peningkatan berat biomassa mikroalga (Sharma *et al.*, 2012). Konsentrasi klorofil akan berkurang sesuai dengan pertumbuhan mikroalga yang berkurang (Amini, 2004 dalam Pujiono, 2013). Menurut Pranajaya *et al.* (2014) logam berat akan merusak bagian sensitif dari mikroalga yaitu bagian kloroplas, sehingga pigmen klorofil akan terdegradasi yang mengakibatkan konsentrasi klorofil menurun.

Spesies *Azolla* yang banyak di Indonesia terutama di Pulau Jawa adalah *Azolla pinnata* dan biasa tumbuh bersama-sama padi (Lumpkin dan Plucknett, 1982). *A. pinnata* atau orang Jawa menyebutnya dengan sebutan mata lele, serta orang Sunda menyebutnya sebagai kayu apu dadak atau kakarewoan (Haetami *et al.*, 2005).

Perlakuan ekstrak *A. pinnata* diharapkan dapat mampu meningkatkan jumlah kadar lipida dari mikroalga *Nannochloropsi oculata* yang berpotensi dijadikan sebagai sumber bahan bakar hayati (*biofuel*) untuk pembuatan biodisel. Disisi lain kandungan logam berat yang terdapat dalam *A. pinnata* dapat menghambat pertumbuhan mikroalga *N. oculata*. Maka dari itu diperlukan

penelitian tentang pengaruh ekstrak *A. pinnata* yang paling optimum untuk memacu peningkatan kadar lipida pada mikroalga *N. oculata*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah dari penelitian dapat diuraikan antara lain

1. Bagaimana pengaruh ekstrak *A. pinnata* terhadap pertumbuhan, kadar lipida, biomassa, dan konsentrasi klorofil mikroalga *N. oculata*?
2. Berapakah konsentrasi ekstrak *A. pinnata* yang optimum terhadap pertumbuhan, kadar lipida, biomassa dan konsentrasi klorofil tertinggi mikroalga *N. oculata*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk

1. Mengetahui pengaruh ekstrak *A. pinnata* terhadap pertumbuhan, kadar lipida, biomassa, dan konsentrasi klorofil mikroalga *N. oculata*.
2. Mengetahui konsentrasi ekstrak *A. pinnata* yang optimum terhadap pertumbuhan, kadar lipida, biomassa dan konsentrasi klorofil tertinggi mikroalga *N. oculata*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang pemanfaatan *A. pinnata* yang merupakan tanaman fitoremediasi logam berat untuk diberikan ke mikroalga *N. oculata* sehingga dapat memacu peningkatan kadar lipida. Tingginya jumlah kandungan lipida mikroalga *Nannochloropsis oculata* berpotensi sebagai sumber energi alternatif bahan bakar hayati (*biofuel*) untuk pembuatan biodisel yang ramah lingkungan.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas maka dapat ditarik hipotesis bahwa

1. Perlakuan ekstrak *A. pinnata* akan berpengaruh terhadap pertumbuhan, kadar lipida, biomassa, dan konsentrasi klorofil mikroalga *N. oculata*.

2. Konsentrasi ekstrak *A. pinnata* optimum akan dapat menghasilkan pertumbuhan, kadar lipida, biomassa dan konsentrasi klorofil tertinggi mikroalga *N. oculata*.

